

06. 7. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

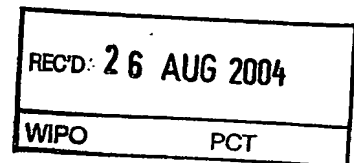
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 6月 2日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-157029
[ST. 10/C]: [JP 2003-157029]

出 願 人
Applicant(s): 光洋精工株式会社
株式会社神戸製鋼所

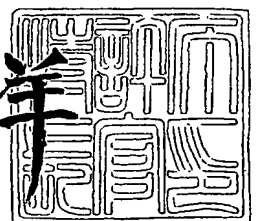


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願

【整理番号】 105851

【提出日】 平成15年 6月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 3/12
F16H 55/26
B62D 5/04

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 光洋精工株式会社内

【氏名】 亀井 亮

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 光洋精工株式会社内

【氏名】 渡邊 和宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 光洋精工株式会社内

【氏名】 金池 幸倫

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 光洋精工株式会社内

【氏名】 塚本 修

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市灘区灘浜東町 2 番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内

【氏名】 阿南 吾郎

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所
神戸製鉄所内

【氏名】 池田 正一

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所
神戸製鉄所内

【氏名】 井戸尻 弘

【特許出願人】

【識別番号】 000001247

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号

【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【代理人】

【識別番号】 100087701

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】 100101328

【弁理士】

【氏名又は名称】 川崎 実夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9811014

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ラックバー並びにこれを用いるステアリング装置及び電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

焼入れおよび焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径Dの丸棒状の本体と、この本体の周面の一部に設けられた平坦部と、この平坦部に設けられ複数のラック歯が形成されたラック歯形成部とを備えるラックバーにおいて、

上記鋼の炭素含有量が0.50～0.60質量%であり、

少なくともラック歯形成部に高周波焼入れおよび焼戻しが施された硬化層が設けられ、

ラック歯形成部の表面硬さがビッカース硬さで680～800HVであり、

ラック歯形成部の背面部の表面からの深さが $(3/4)D$ の部分で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が30～100%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%であることを特徴とするラックバー。

【請求項 2】

請求項 1 において、上記鋼のボロン含有量が5～30ppmであることを特徴とするラックバー。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、上記ラック歯形成部の歯底部における硬化層の有効深さが歯底部の表面から0.1～1.5mmであることを特徴とするラックバー。

【請求項 4】

請求項 1, 2 又は 3 に係るラックバーを用いることを特徴とするステアリング装置。

【請求項 5】

請求項 1, 2 又は 3 に係るラックバーを用いることを特徴とする電動パワース

テアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車のステアリング用のラックバー、並びにこれを用いるステアリング装置および電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車用のステアリング用のラックバーに要求される最も重要な特性は、静的または動的に過大な負荷が作用した場合にも脆性的に破損しないことであり、過大負荷が作用しても曲がり変形を生ずる（曲げ変形能）ことによって、部品が完全には破断分離しないことが要求されている。

現在のラックバーの製造は、圧延鋼材→焼入れ焼もどし処理→機械加工→高周波焼入れ焼もどし処理→仕上げ加工の工程が適用されている。上記のような脆性的な破壊を極力回避するために、圧延鋼材を直接加工・高周波焼入れ処理せず、焼入れ焼もどし処理を行うことによって素材の靱性を向上させ、その後、その部品加工と高周波焼入れ処理を施すことによって脆性的な破壊を防止している。

【0003】

従来、ラックバー用の鋼材において、製造コストの低減を図るために、焼入れ焼もどし処理を省略しつつ脆性的な破壊を防止しようとする試みがなされている（特許文献1）。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-8189号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

近年、電動パワーステアリング装置が、油圧式パワーステアリング装置と比較して燃費を3～5%向上できることから、小型車を中心として普及してきている。

。

しかしながら、電動パワーステアリング装置では、自動車の左右方向に延在する転舵軸としてのラックバーとピニオンとの噛み合い部分に作用する応力が、油圧式パワーステアリング装置と比較して、大幅に（例えば 6 ～ 1 0 倍に）高くなる。

【0 0 0 6】

一方で、部品を共通化して量産効果によるコストダウンを図るために、電動パワーステアリング装置においても、油圧式パワーステアリング装置で用いているラックバーと共通の仕様のラックバーが用いられている。このため、高応力が作用する中型車以上では、ラックバーの耐摩耗性や強度（疲労強度を含む）の点で不利となり、その結果、電動パワーステアリング装置の採用は小型車中心にとどまっている。

【0 0 0 7】

焼入れ焼戻しを省略する特許文献 1 のラックバーでは、曲げ変形能のための靱性が不足するという欠点がある。

一方、通常の焼入れや焼戻しを施す場合には、焼戻し時間が長く、製造コストが高いという問題がある。

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、安価で曲げ変形能に優れたラックバー、ステアリング装置および電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

上記目的を達成するため、本発明は、焼入れおよび焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径 D の丸棒状の本体と、この本体の周面の一部に設けられた平坦部と、この平坦部に設けられ複数のラック歯が形成されたラック歯形成部とを備えるラックバーにおいて、上記鋼の炭素含有量が 0. 5 0 ～ 0. 6 0 質量%であり、少なくともラック歯形成部に高周波焼入れおよび焼戻しが施された硬化層が設けられ、ラック歯形成部の表面硬さがビッカース硬さで 6 8 0 ～ 8 0 0 H V であり、ラック歯形成部の背面部の表面からの深さが $(3/4) D$ の部分で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が 3 0 ～ 1 0 0

%であって、再生パーライト組織が面積百分率で0～50%であり、且つ焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が50～100%であることを特徴とするラックバーを提供するものである。

【0009】

通例、ラック歯は深さ $D/4$ 程度に形成されるので、ラック歯形成部の背面部の表面からの深さが $(3/4)D$ の部分（以下、単に「 $(3/4)D$ 部」ともいう。）は、焼入れされた部分と焼入れされなかった部分との概ね境界にあたる。万一、大荷重を受けたラックバーが過大な曲げ変形を生じてその一部にクラックが生じたとしても、上記の $(3/4)D$ 部に少なくとも30%の面積百分率で残存している焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織がクラックの伝搬を防止することで、ラックバーが割れて2分割するような破損を防止することができる。また、上記の $(3/4)D$ 部で再生パーライト組織の面積百分率を50%以下とするのは、靱性を低下させないためである。

【0010】

炭素（C）含有量が0.50～0.60質量%の鋼に焼入れを施すことにより、ラックバーとして必要な硬さと靱性が付与される。すなわち、炭素含有量を0.50質量%以上とすることで、高周波焼入れによってラック歯の耐摩耗性を高めることができる一方、炭素含有量が0.60質量%を超えると、ラックバーの耐衝撃性が低下し、また、高周波焼入れ時に焼割れを生じ易くなるので、炭素含有量を0.50～0.60質量%の範囲に設定した。

【0011】

また、ラック歯形成部の表面硬さを680～800HVに限定したのは下記の理由による。すなわち、680HV未満であると、ラック歯形成部の表面硬さが十分でなくなり、曲げ疲労に対する疲労限界が低くなる一方、800HVを超えると、表層部の靱性が低下し、静的負荷あるいは準静的負荷に対する曲げ強度が不足するからである。そこで、ラック歯形成部の表面硬さを680～800HVとすることで、曲げ疲労に対する疲労限界を高くすると共に静的又は準静的負荷に対する十分な曲げ強度を確保するようにした。

【0012】

また、上記鋼のボロン含有量が5～30ppmであれば好ましい。このような微量のボロンの添加により、高周波焼入れ性を向上させることができる。すなわち、高周波焼入れされた部分の粒界を強化することができ、靱性を増加させて曲げ変形能（耐割れ性）を格段に向上させることができる。このような効果を得るためのボロン含有量としては、少なくとも5ppm以上必要である一方、30ppmを超えるボロンを含有させても、その効果が飽和するので、5～30ppmの範囲に設定することが好ましい。

【0013】

また、上記ラック歯形成部の歯底部における硬化層の有効深さ（有効硬化層深さに相当）が歯底部の表面から0.1～1.5mmであれば好ましい。有効深さが1.5mmを超える場合には、高い衝撃を受けたときに、ラックバーの長手方向の中間部の1箇所では局部的に屈曲して「く」の字状に曲がる傾向にあり、その結果、ラックバー上をピニオンが移動できなくなるおそれがある。一方、有効深さが0.1mm未満では、ラック歯の歯元付近の曲げ強度が不足するおそれがある。そこで、有効深さを0.1～1.5mmの範囲とすることで、歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保することが可能となる。さらに好ましい有効深さは、0.3～1.2mmである。

【0014】

上記のラックバーであれば、ステアリング装置に好適に用いることができ、さらには、電動パワーステアリング装置に好適に用いることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい態様を添付図面を参照しつつ説明する。

図1は本発明の一実施の形態のステアリングラックが用いられる電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。図1を参照して、電動パワーステアリング装置（EPS：Electric Power Steering System）1は、ステアリングホイール等の操舵部材2に連結しているステアリングシャフト3と、ステアリ

ングシャフト 3 に自在継手 4 を介して連結される中間軸 5 と、中間軸 5 に自在継手 6 を介して連結されるピニオン軸 7 と、ピニオン軸 7 の先端部に設けられたピニオン 7 a に噛み合うラック歯 8 a を有して自動車の左右方向に延びる転舵軸としてのラックバー 8 とを有している。

【0016】

ラックバー 8 は車体に固定されるハウジング 17 内に図示しない複数の軸受を介して直線往復動自在に支持されている。ラックバー 8 の両端部はハウジング 17 の両側へ突出し、各端部にはそれぞれタイロッド 9 が結合されている。各タイロッド 9 は対応するナックルアーム（図示せず）を介して対応する操向用の車輪 10 に連結されている。

操舵部材 2 が操作されてステアリングシャフト 3 が回転されると、この回転がピニオン 7 a およびラック歯 8 a によって、自動車の左右方向に沿ってのラックバー 8 の直線運動に変換される。これにより、操向用の車輪 10 の転舵が達成される。

【0017】

ステアリングシャフト 3 は、操舵部材 2 に連なる入力軸 3 a と、ピニオン軸 7 に連なる出力軸 3 b とに分割されており、これら入、出力軸 3 a, 3 b はトーションバー 11 を介して同一の軸線上で相対回転可能に互いに連結されている。

トーションバー 11 を介する入、出力軸 3 a, 3 b 間の相対回転変位量により操舵トルクを検出するトルクセンサ 12 が設けられており、このトルクセンサ 12 のトルク検出結果は、E C U (Electric Control Unit : 電子制御ユニット) 13 に与えられる。E C U 13 では、トルク検出結果や図示しない車速センサから与えられる車速検出結果等に基づいて、駆動回路 14 を介して操舵補助用の電動モータ 15 への印加電圧を制御する。電動モータ 15 の出力回転が減速機構 16 を介して減速されて、出力軸 3 b、中間軸 5 を介してピニオン軸 7 に伝達され、ラックバー 8 の直線運動に変換されて、操舵が補助される。

【0018】

減速機構としては、電動モータ 15 の図示しない回転軸に一体回転可能に連結されるウォーム軸等の小歯車 16 a と、この小歯車 16 a に噛み合うと共に出力

軸 16b に一体回転可能に連結されるウォームホイール等の大歯車 16b とを備えるギヤ機構を例示することができる。

図 2 (a) はラックバー 8 の部分断面側面図であり、図 2 (b) は図 2 (a) の b-b 線に沿う断面図である。ラックバー 8 は、直径 D の丸棒状の本体 20 と、この本体 20 の周面 20a の一部に設けられた平坦部 21 と、この平坦部 21 に設けられラック歯形成部 22 とを備える。

【0019】

平坦部 21 は、本体 20 の軸線 23 に平行に所定長さで延び所定幅を有している。ラック歯形成部 22 は、複数設けられる上記のラック歯 8a と、隣接するラック歯 8a 間に設けられる歯底部 24 とを含む。

上記本体 20 は、後述する高周波焼入れおよび短時間焼戻しが施された棒鋼を用いて形成される。本体 20 を形成する鋼の炭素含有量は 0.50～0.60 質量%である。炭素含有量を 0.50 質量%とするのは、鋼材に後述する高周波焼入れを施すことにより、ラック歯 8a の耐摩耗性を高めるためである。ただし、炭素含有量が 0.60 質量%を超えると、ラックバー 8 の耐衝撃特性が低下し、また、高周波熱処理時に焼割れを生じ易くなる。そのために、炭素含有量は、0.60 質量%以下、好ましくは 0.56 質量%以下にする。

【0020】

また、本体 20 を構成する上記の鋼には、ボロン (B) が 5～30 ppm 含有されていることが好ましい。5 ppm 以上のボロンの添加により高周波焼入れされた部分の粒界を強化し、靱性を増加させて曲げ変形能 (耐割れ性) を格段に向上させることができる一方、30 ppm を超えるボロンを含有させても、その効果が飽和するので、5～30 ppm の範囲に設定されることが好ましい。

鋼の他の成分としては、Si 含有量 0.05～0.5 質量%、Mn 含有量 0.2～1.5 質量%、S 含有量 0.06 質量%以下、Cr 含有量 1.5 質量%以下 (0 質量%を含まず) を含有し、残部は Fe および不可避免の不純物である。

【0021】

ラックバー 8 の少なくともラック歯形成部 22 には、ラック歯 8a 形成後に施された高周波焼入れおよび焼戻しによって硬化層 25 が設けられている。ラック歯

形成部 22 の表面硬さがピッカース硬さで 680～800 HV に設定されている。680 HV 未満であると、ラック歯形成部 22 の表面硬さが十分でなくなり、曲げ疲労に対する疲労限界が低くなる一方、800 HV を超えると、表層部の靱性が低下し、静的負荷あるいは準静的負荷に対する曲げ強度が不足するからである。

【0022】

また、ラック歯形成部 22 において、ラック歯 8 a 間の歯底部 24 での硬化層 25 の有効深さ d は、歯底部 24 の表面から 0.1～1.5 mm の範囲にあることが好ましい。ここで、硬化層 25 の有効深さ d は、表面から 450 HV の硬さの位置までの距離で定義され、有効硬化層深さに相当する。

歯底部 24 における硬化層 25 の有効深さ d が 1.5 mm を超える場合には、高い衝撃を受けたときに、ラックバー 8 の長手方向の中間部の 1 箇所では局部的に屈曲して「く」の字状に曲がる傾向にあり、その結果、ラックバー 8 上をピニオン 7 a が移動できなくなるおそれがある。一方、硬化層 25 の有効深さ d が 0.1 mm 未満では、ラック歯 8 a の歯元付近の曲げ強度が不足するおそれがある。

【0023】

そこで、歯底部 24 での硬化層 25 の有効深さ d を 0.1～1.5 mm の範囲とすることで、ラック歯 8 a の歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー 8 全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保するようにしている。歯底部 24 での硬化層 25 の有効深さ d は、より好ましくは 0.3～1.2 mm である。

通例、ラック歯 8 a は $D/4$ 程度の深さに形成されている。また、本体 21 の周面 20 a において、ラック歯形成部 22 と直径方向の反対側にある背面部 26 の表面からの深さが $(3/4)D$ の部分 27 [$(3/4)D$ 部 27 ともいう) で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が 30～100% であって、再生パーライト組織が面積百分率で 0～50% であり、且つ焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が 50～100% であるように設定されている。これは、ラックバー 8 の切断面の電子顕微鏡写真により観察することができる。なお、上記

の丸棒の直径Dは、20～40mm程度、好ましくは20～38mm、さらに好ましくは20～36mm程度である。

【0024】

また、上記歯底部24の表面から0.1mm深さまで残留フェライトが発生していないことが好ましい。残留フェライトが発生していると、局部的に強度を低下させるおそれがあるので、これを排除するためである。

次いで、本ラックバー8の製造方法について説明する。まず、炭素含有量が0.50～0.60質量%の鋼からなる中実（場合によって中空）の丸棒を、図3に示すように、780℃以上の加熱温度T1に加熱し、水冷にて室温まで制御冷却することによって、焼入れする。加熱温度T1を780℃以上とするのは、残留フェライトを抑制するためである。加熱温度T1としては、好ましくは800℃以上である。なお、加熱温度T1の上限は、通常860℃、好ましくは850℃程度である。

【0025】

上記の制御冷却では、上記の(3/4)D部27でのベイナイト組織およびマルテンサイト組織の合計が30%（面積百分率）以上、好ましくは40%（面積百分率）以上、さらに好ましくは50%（面積百分率）以上になるように行う必要がある。このような制御冷却の条件は、鋼の組成などに応じて適宜設定できるが、例えば、温度800～300℃（好ましくは750～350℃）程度の領域を、冷却速度30～80℃/秒（好ましくは40～70℃/秒）で冷却するのが好ましい。

【0026】

このようにして得られたベイナイト組織やマルテンサイト組織が導入された一次中間体は、昇温過程を含めて20分以下の処理時間tで焼戻し処理を実施し、室温まで空冷する。焼戻し処理に使用する炉の雰囲気温度T2は660℃以上とされる。炉の雰囲気温度T2を660℃以上とすれば、20分以下の短時間の焼戻しであっても、焼戻しされた二次中間体のビッカース硬さを低減でき（例えば320HV以下にすることができ）、後に平坦部21やラック歯形成部22を加工するときの切削加工性を高めることができる。なお、炉の雰囲気温度T2は

好ましくは $680 \sim 700^{\circ}\text{C}$ である。

【0027】

焼戻しの処理時間 t を 20 分以下とするのは、製造コストを低減するためである。焼戻しの処理時間 t としては、好ましくは 15 分以下に設定される。

上記の (3/4) D 部 27 で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が $30 \sim 100\%$ であって、再生パーライト組織が面積百分率で $0 \sim 50\%$ であり、且つ焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織および再生パーライト組織の合計の面積百分率が $50 \sim 100\%$ となるように、焼き戻後の組織を制御するためには、上記の焼戻し条件 (660°C 以上、20 分以内) の範囲内で、焼戻し温度が高過ぎたり焼戻し時間が長過ぎたりしないことが好ましい。焼戻し温度が高過ぎたり焼戻し時間が長過ぎたりすると、制御冷却によって導入したベイナイト組織およびマルテンサイト組織の面積百分率が低減し易くなり、かつパーライト組織が再生し易くなり、曲げ特性が低下してしまうからである。

【0028】

このように焼戻し処理により得られた二次中間体に引抜き加工、その後、当該二次中間体の周面の一部にフライス加工を施すことにより、平坦部 21 を形成し、この平坦部 21 にブローチ加工を施すことにより、複数のラック歯 8a を含むラック歯形成部 22 を形成する。次いで、ラック歯形成部 22 に、例えば加熱時間 5.5 秒、水冷による冷却時間 10 秒の高周波焼入れを施した後、例えば 170°C で 1.5 時間の条件で焼戻し処理を実施し、ラック歯形成部 22 の表面でピッカース硬さで $680 \sim 800\text{HV}$ を達成し、ラックバー 8 を形成する。

【0029】

このようにして得られラックバー 8 では、上記した如く、ラック歯 8a として必要な耐摩耗性と必要な曲げ強度を確保することができる。また、(3/4) D 部 27 に残存する焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織がクラックの内部への伝搬を防止することで、ラックバー 8 が 2 分割して割れるような破損を防止することができる。

しかも、歯底部 24 の硬化層 25 の有効深さ d を歯底部 24 の表面から 0.1

～1.5mmとすることで、歯元曲げ強度を確保しつつ大荷重負荷時にラックバー8全体が緩やかに曲がるようにし、非常時のステアリング性能を確保することが可能となる。

【0030】

【実施例】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

実施例

C含有量0.53質量%、Si含有量0.23質量%、Mn含有量0.8質量%、S含有量0.018質量%、Cr含有量0.30%、B含有量0.015%である鋼材を用いて、圧延によって直径30mmの棒鋼にした後、加熱温度780°Cに加熱し、次いで室温まで制御冷却した。冷却した棒鋼は、雰囲気温度660°Cに加熱した炉に15分滞留させることによって焼戻しした。焼戻し後の棒鋼は放冷した。より好ましくは、上記加熱温度は820°Cであり、焼戻し時の雰囲気温度は690°Cである。

【0031】

このようにして得られた棒鋼を引抜き加工して直径27.5mmにした後、切削加工により平坦部21を形成し、該平坦部21にラック歯8aを形成してラック歯形成部22とした。次いで、ラック歯形成部22に加熱時間5.5秒、水冷による冷却時間10秒の高周波焼入れを施した後、170°Cで1.5時間の条件で焼戻し処理を実施し、ラック歯形成部22に硬化層25を設けて、実施例のラックバーを製造した。

【0032】

実施例では、ラック歯形成部22の表面硬さが710HVである。ラック歯形成部22の背面部26の表面からの深さ(3/4)D部27で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が90%であって且つ再生パーライト組織が面積百分率で0%である。ラック歯形成部22の歯底部24の硬化層25の有効深さdが歯底部24の表面から0.7mmである。

比較例

C含有量0.46質量%、Si含有量0.19質量%、Mn含有量0.86質

量%、S含有量0.053質量%、Cr含有量0.13質量%であって、Bを含有しない鋼材を用いて、圧延によって棒鋼に形成した後、加熱温度850°Cに加熱し、次いで室温まで冷却した。冷却した棒鋼は、雰囲気温度610°Cに加熱した炉に30分以上滞留させることによって焼戻しした。焼戻し後の棒鋼は放冷した。このようにして得られた棒鋼を用い、以後は実施例と同様にして、比較例のラックバーを製造した。

【0033】

比較例では、ラック歯形成部に通常の高周波焼入れ、焼戻しが施される。ラック歯の表面硬さが650HVである。(3/4)D部で焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が70%であって且つ再生パーライト組織が面積百分率で20%である。歯底部の硬化層の有効深さが歯底部の表面から0.3mmである。

これら実施例および比較例を各々2個用いて以下の試験を実施した。

正入力静的破壊試験

図4に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱31に固定した。中立位置にてラックバー8を固定し、ピニオン軸7に連結したロータリーアクチュエータ32からピニオン軸7に駆動トルクを与えた。駆動トルクを増大させていき、破壊に至らせた。

【0034】

ラックバーに亀裂が発生するときの荷重は実施例が305Jであるのに対して、比較例が188Jであり、実施例の破壊強度が比較例の破壊強度と比較して、約62%増であることが判明した。

逆入力静的破壊試験

図5に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー8ないし比較例のラックバーをハウジング17に組み込み、ハウジング17の両端をそれぞれ固定支柱31にマウントラバー33を介して固定した。ピニオン軸7をジョイント34を介して中立位置に固定し、ラックバー8の端部を負荷シリンダ35によりロードセル36を介して押し、亀裂発生音を確認するまで荷重を負荷した。ロードセ

ル 36 に接続された動歪み計 37 の出力をレコーダ 38 に記録した。

【0035】

その結果、実施例の亀裂発生荷重が平均で $92 \text{ N} \cdot \text{m}$ であるの対して、比較例の亀裂発生荷重が平均で $51 \text{ N} \cdot \text{m}$ であり、実施例の破壊強度が比較例の破壊強度と比較して、約 80% 増であることが判明した。

逆入力衝撃破壊試験

図 6 に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー 8 ないし比較例のラックバーをハウジング 17 に組み込み、ハウジング 17 の両端を固定支柱 39 に固定された一対の固定アーム 40 に固定した。ハウジング 17 はピニオン軸 7 に近い側の端部が上になるように立てて配置する。ピニオン軸 7 は中立位置で固定支柱 41 に固定する。ピニオン軸 7 に近い側のラックバー 8 の端部に受け部材 42 を固定した。

【0036】

受け部材 42 の上方には、ガイドバー 43 により上下動自在に支持された重錘 44 が設けられ、この重錘 44 の下部にはロードセル 45 が固定されている。ロードセル 45 を固定した重錘 44 の重さは 100 Kg であり、ロードセル 45 と受け部材 42 との距離を 20 cm として、重錘 44 およびロードセル 45 を落下させて受け部材 42 に衝突させ、破損に至るまでの落下回数を調べた。

ロードセル 45 に動歪み計 46 を接続し、動歪み計 46 の出力を電磁オシロスコープ 47 に記録した。

【0037】

試験の結果、比較例が平均で 3 回で破壊に至ったのに対して、実施例は平均で 15 回で破壊に至った。実施例の逆入力衝撃強度が比較例よりも格段に優れていることが実証された。

曲げ強度試験

図 7 に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー 8 ないし比較例のラックバーをハウジング 17 に組み込み、ハウジング 17 の両端をそれぞれ固定支柱 48 に固定した。ラックバー 8 をピニオン軸に近い側のハウジング 17 の端部から最大限突出させた状態で、ラックバー 8 の先端に固定した受け部材 49 を負

荷シリンダ 50 によりロードセル 51 を介して押し、ラックバー 8 に最大負荷が得られるまで曲げ荷重を負荷した。

【0038】

ロードセル 51 に接続された動歪み計 52 の出力を荷重計 53 に導き、荷重を測定した。その結果、最大負荷荷重は、実施例が 8.6 kN であり、比較例は 7.4 kN であった。これにより、実施例は比較例として比較して約 16% 増の曲げ強度を持つことが確認された。また、双方とも、破断することなく「曲がる」ことが確認された。

正入力耐久試験

図 8 に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー 8 ないし比較例のラックバーをハウジング 17 に組み込み、ハウジング 17 の両端をそれぞれ固定支柱 54 に固定した。ラックバー 8 の両端にそれぞれサーボアクチュエータ 55 を連結した。ピニオン軸 7 にジョイント 56 およびトルクメータ 57 を介してロータリーアクチュエータ 58 を接続し、該ロータリーアクチュエータ 58 によりピニオン軸 7 に駆動トルクを与える。駆動トルクは 50 N・m とし、周波数 0.1 ~ 0.2 Hz にて繰り返し回数を 3 万回とした。

【0039】

試験終了後、ピニオンへの噛み合い部分の摩耗量を測定したところ、実施例が平均 8.7 μm であるのに対して、比較例が平均 27.8 μm であり、実施例は比較例よりも約 70% 摩耗量が減少することが実証された。

逆入力耐久試験

図 9 に示すような試験装置を用いた。実施例のラックバー 8 ないし比較例のラックバーをハウジング 17 に組み込み、ハウジング 17 の両端をそれぞれ固定支柱 59 に固定した。ピニオン軸 7 をジョイント 60 を介して中立位置に固定し、ピニオン軸 7 に近い側のラックバー 8 の端部に連なるタイロッド 9 を介して、サーボアクチュエータ 61 からのラックバー 8 に軸力を負荷した。ラックバー 8 に負荷される軸力を 9.8 kN とし、周波数 5 Hz にて破損に至るまで実施した。

【0040】

その結果、比較例は 35 万回で破損に至ったのに対して、実施例は 70 万回に

ても破損に至らなかった。

曲げ疲労試験

実施例と同様の素材にて図 10 (a) に示す試験片 62 を作成した。試験片 62 は、全長 L が 90 mm のほぼ丸型の軸である。試験片 62 の一端 62 a から距離 N が 40 mm の位置を中心として、くびれ部 65 を R5 の断面湾曲を持って形成する。くびれ部 65 の最小直径 R は 8 mm である。くびれ部 65 を挟んで一端 62 a 側が直径 P が 12 mm である円柱部 63 となっている。また、くびれ部 65 を挟んで他端 62 b 側が他端 62 b 側にいくに従って次第に拡張する 1/20 テーパのテーパ部 64 となっている。テーパ部 64 の最大直径 Q は 14 mm である。比較例についても同様の比較片を作成した。

【0041】

試験片 62 ないし比較片の曲げ疲労試験を、図 10 (b) に示す試験装置を用いて実施した。試験片 62 の一端 62 a から距離 M が 50 mm までの部分を片持ち状に突出させる状態にて、残りのテーパ部 64 を固定支柱 66 のテーパ状の支持孔 67 に固定した。固定された試験片 62 の一端 62 a 付近に転動ローラ 68 を介して負荷シリンダ 69 によって周波数 20 Hz で曲げ荷重を繰り返し負荷し、応力と繰り返し回数を測定して、S-N 曲線を求めた。

【0042】

試験の結果、S-N 曲線の平滑化部分（応力が収束する部分）において、比較片の応力が 1270 MPa であるのに対して、試験片 62 の応力が 1450 MPa であり、疲労強度が約 15% 向上することが実証された。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態のラックバーを含む電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式図である。

【図 2】

図 2 (a) は、ラックバーの一部破断側面図であり、図 2 (b) は図 2 (a) の b-b 線に沿う断面図である。

【図 3】

熱処理時の時間と温度の関係を示すグラフ図である。

【図 4】

正入力静的破壊試験の試験装置の概略図である。

【図 5】

逆入力静的破壊試験の試験装置の概略図である。

【図 6】

逆入力衝撃試験の試験装置の概略図である。

【図 7】

曲げ強度試験の試験装置の概略図である。

【図 8】

正入力耐久試験の試験装置の概略図である。

【図 9】

逆入力耐久試験の試験装置の概略図である。

【図 10】

図 10 (a) は試験片の概略側面図であり、図 10 (b) は曲げ疲労試験の試験装置の概略図である。

【符号の説明】

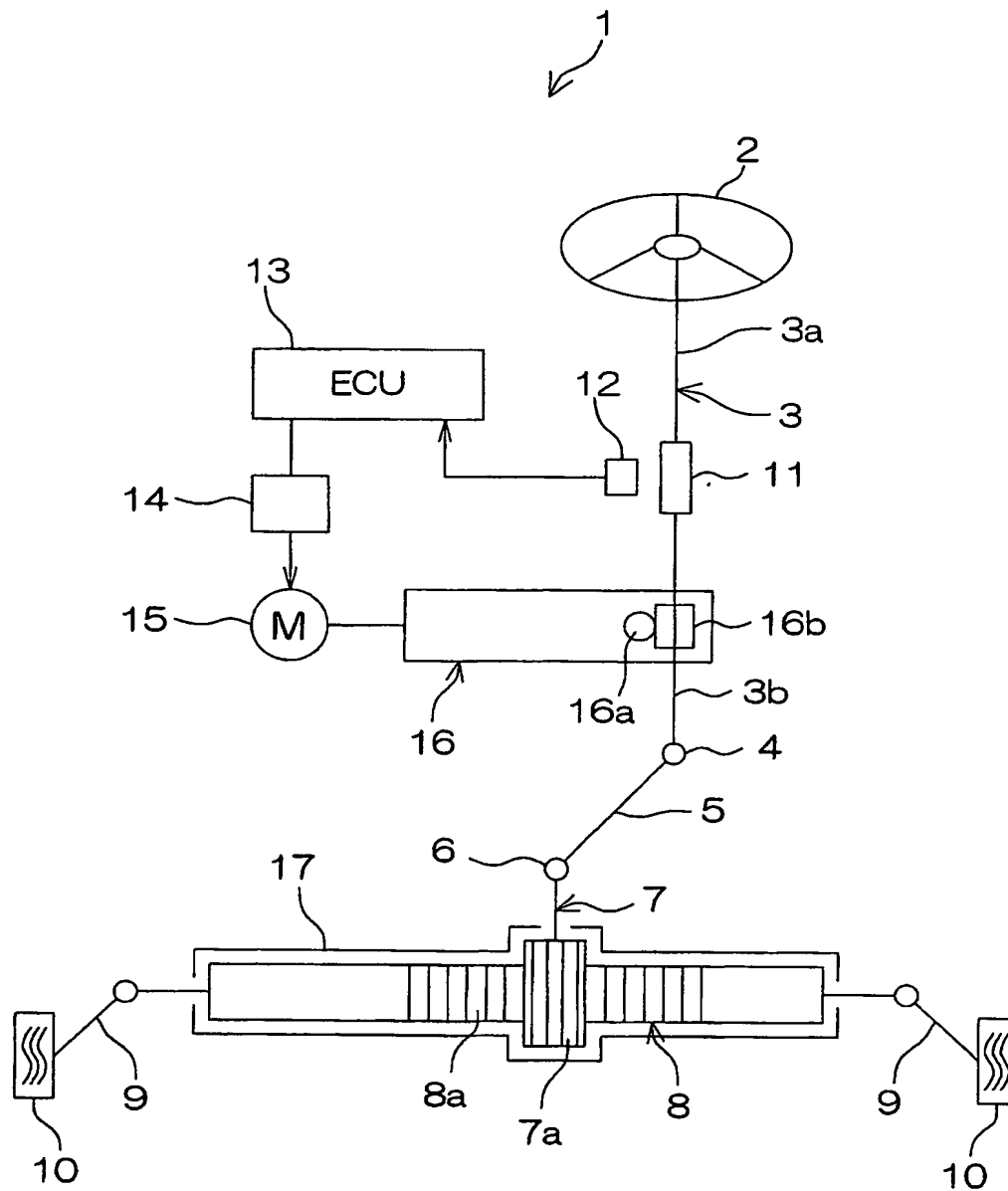
- 1 電動パワーステアリング装置 (EPS)
- 2 操舵部材
- 3 ステアリングシャフト
- 3 a 入力軸
- 3 b 出力軸
- 5 中間軸
- 7 ピニオン軸
- 7 a ピニオン
- 8 ラックバー
- 8 a ラック歯
- 11 トーションバー
- 12 トルクセンサ

- 1 3 E C U
- 1 5 電動モータ
- 1 6 減速機構
- 2 0 本体
- 2 0 a 周面
- 2 1 平坦部
- 2 2 ラック歯形成部
- 2 3 軸線
- 2 4 歯底部
- 2 5 硬化層
- 2 6 背面部
- 2 7 $(3/4)$ D の部分 [$(3/4)$ D 部]
- 6 2 試験片
- D 直径
- d 有効深さ

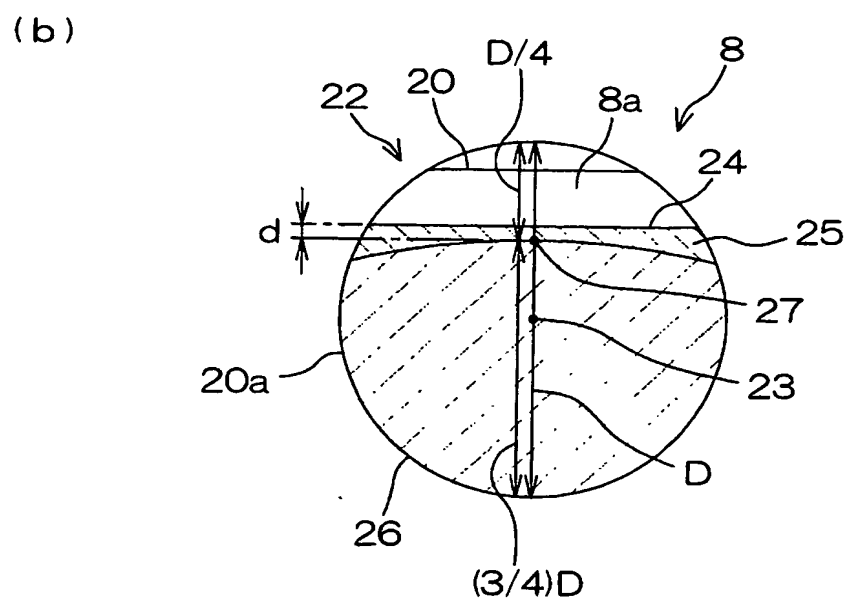
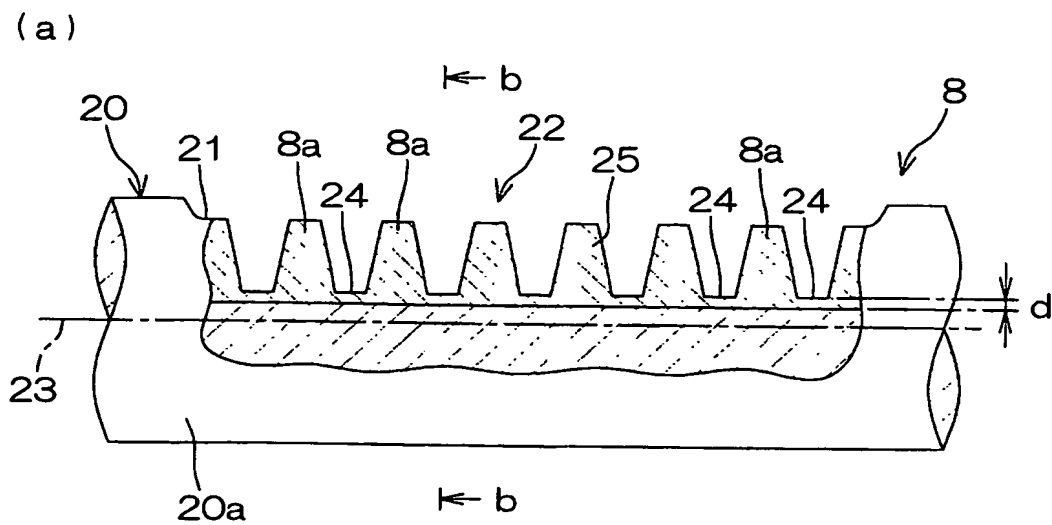
【書類名】

図面

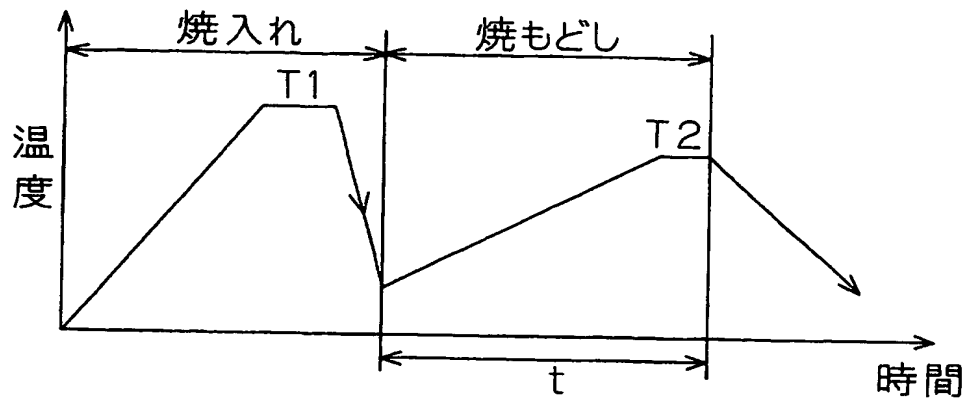
【図 1】



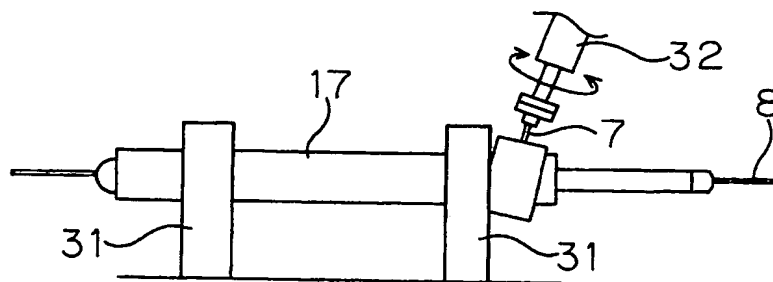
【図 2】



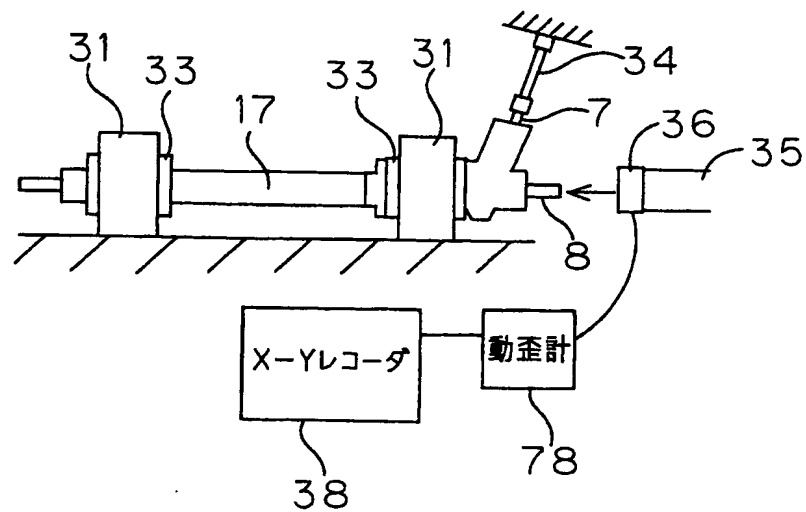
【図 3】



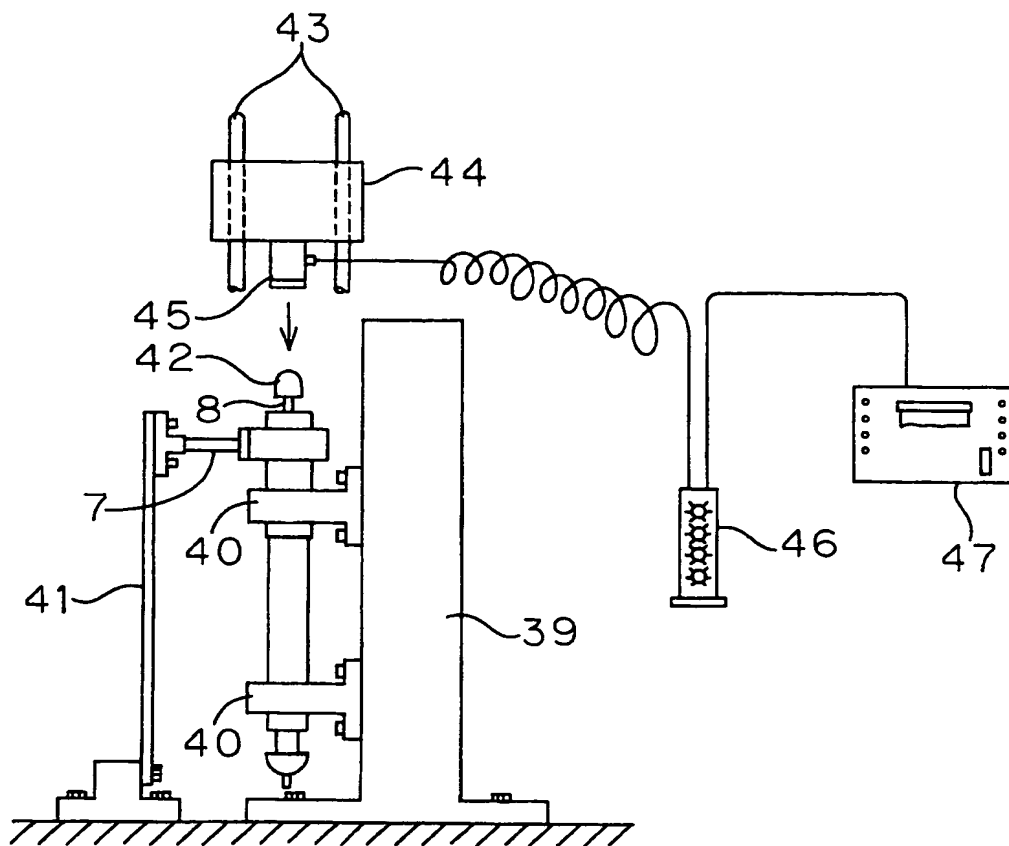
【図 4】



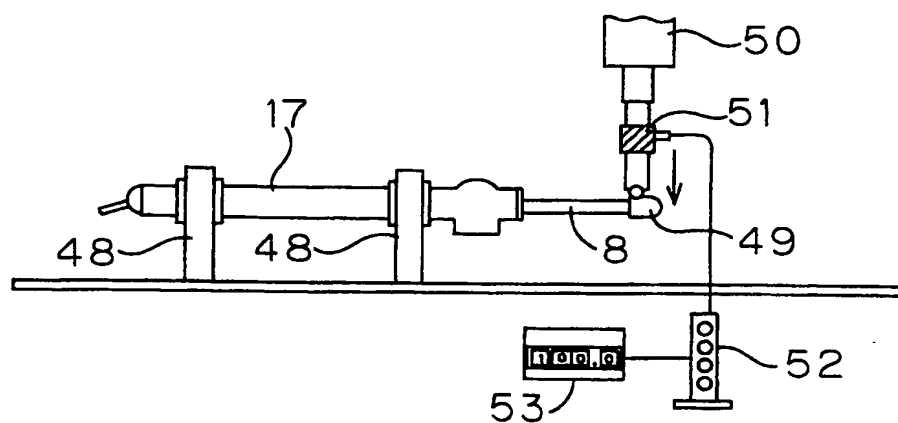
【図 5】



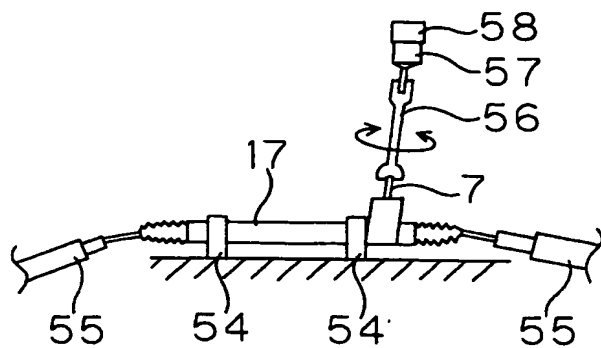
【図 6】



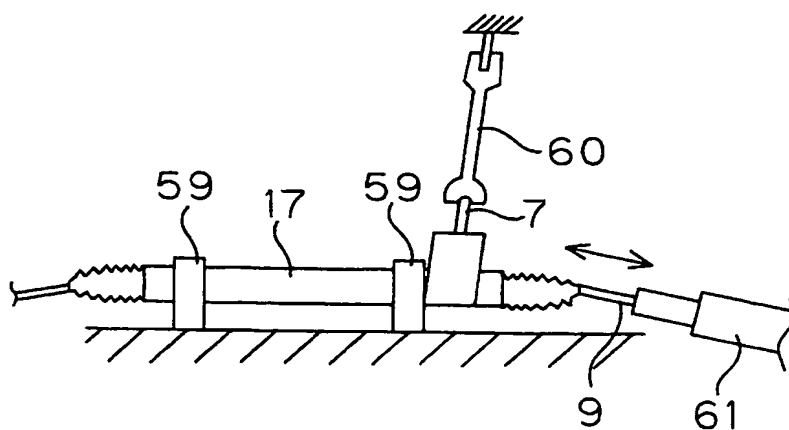
【図 7】



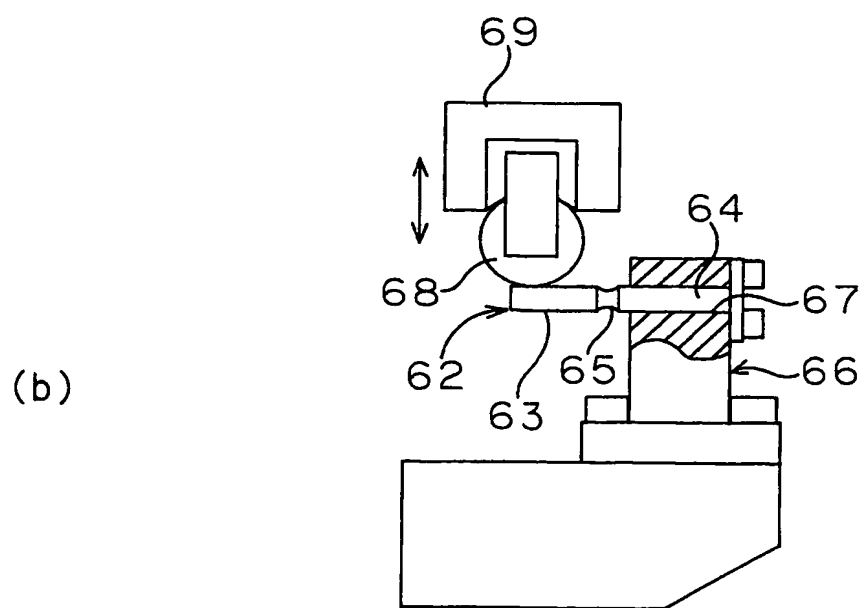
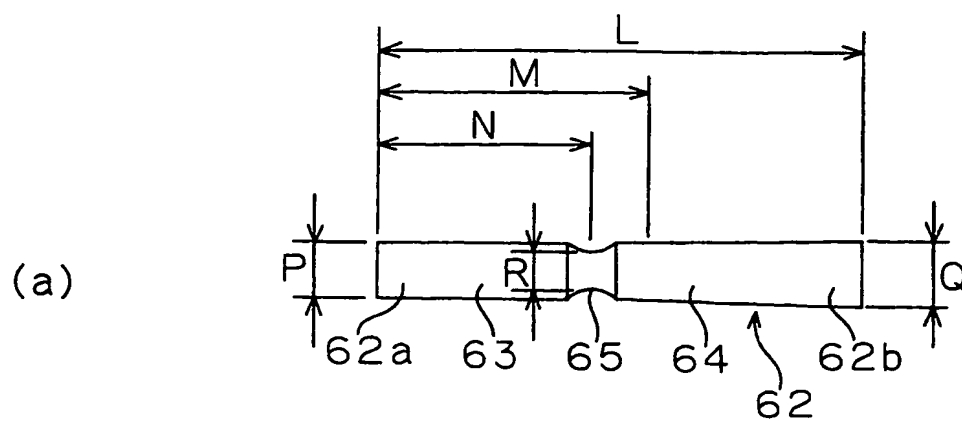
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 安価で曲げ変形能に優れ、ステアリング装置に好適に用いることができるラックバーを提供すること。

【解決手段】 焼入れ及び短時間焼戻しが施された鋼を用いて形成された直径 D の丸棒状の本体 20 にラック歯形成部 22 を加工する。鋼の炭素含有量が 0.50～0.60 質量%である。ラック歯形成部 22 に高周波焼入れ及び焼戻しを施して硬化層 25 を設ける。ラック歯形成部 22 の表面硬さが 680～800 HV である。ラック歯形成部 22 の背面部 26 の表面からの深さが $(3/4)D$ の部分 27 で、焼戻しベイナイト組織と焼戻しマルテンサイト組織の合計の面積百分率が 30～100%で且つ再生パーライト組織が面積百分率で 0～50%である。焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織及び再生パーライト組織の合計の面積百分率が 50～100%である。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-157029
受付番号	50300918610
書類名	特許願
担当官	工藤 紀行 2402
作成日	平成 15 年 6 月 19 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000001247
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区南船場 3 丁目 5 番 8 号
【氏名又は名称】	光洋精工株式会社

【特許出願人】

【識別番号】	000001199
【住所又は居所】	兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目 10 番 26 号
【氏名又は名称】	株式会社神戸製鋼所

【代理人】

申請人

【識別番号】	100087701
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区南本町 4 丁目 5 番 20 号 住宅金融 公庫・住友生命ビル あい特許事務所
【氏名又は名称】	稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】	100101328
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区南本町 4 丁目 5 番 20 号 住宅金融 公庫・住友生命ビル あい特許事務所
【氏名又は名称】	川崎 実夫

次頁無

特願 2003-157029

出願人履歴情報

識別番号

[000001247]

1. 変更年月日

1990年 8月24日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

氏 名

光洋精工株式会社

特願 2003-157029

ページ: 2/E

出願人履歴情報

識別番号

[000001199]

1. 変更年月日

2002年 3月 6日

[変更理由]

住所変更

住 所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号

氏 名

株式会社神戸製鋼所